

中国科学院中国孢子植物志编辑委员会 编辑

中 国 真 菌 志

第三十五卷

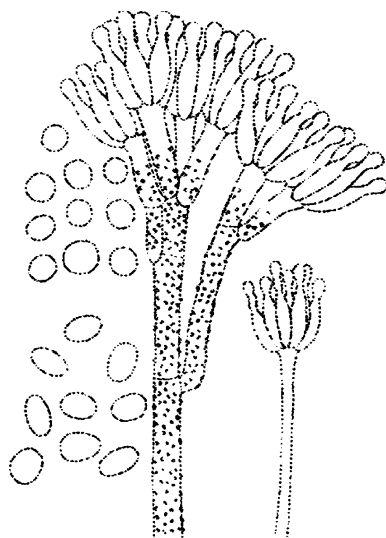
青霉属及其相关有性型属

孔华忠 主编

中国科学院知识创新工程重大项目

国家自然科学基金重大项目

(国家自然科学基金委员会 中国科学院 国家科学技术部 资助)



科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

青霉属及其相关有性型属的菌与人类的生产和生活密切相关,具有很重要的经济意义。本卷介绍了青霉属及其相关有性型属国内外的分类学史和现状、分类系统、研究方法、形态和结构、相关的命名和引证问题;对有争议的相关问题进行了适当讨论并提出了自己的见解;描述了我国的青霉属及相关有性型属的97个种;适度引证了一些相关的代谢产物290多种,每个种给予了规范的形态描述,提供了分布和基物的资料及显微结构图,指出了主要特征;绝大部分种提供了菌落彩色照片,部分种提供了扫描电镜照片;书末附有术语解释、参考文献、索引和图版。

本书可供微生物学、真菌学的相关研究人员,从事发酵、生化、遗传、分子生物学、医药卫生、环境保护、生态、食品、材料和物质储存等方面工作的人员和大专院校的有关师生使用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国真菌志.第35卷,青霉属及其相关有性型属/孔华忠主编.—北京:科学出版社,2007

ISBN 978-7-03-019262-2

I. 中… II. 孔… III. ①真菌志-中国 ②青霉属-真菌志-中国
IV. ①Q949.32②Q949.331

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第061740号

责任编辑:韩学哲 吴伶俐/责任校对:曾 茹
责任印制:钱玉芬/封面设计:槐寿明

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双 青 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年8月第 一 版 开本:787×1092 1/16
2007年8月第一次印刷 印张:19 1/2 插页:12
印数:1—1 000 字数:421 000

定价:98.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换(科印))

CONSILIO FLORARUM CRYPTOGAMARUM SINICARUM
ACADEMIAE SINICAE EDITA

FLORA FUNGORUM SINICORUM

VOL. 35

PENICILLIUM ET TELEOMORPHI COGNATI

REDACTOR PRINCIPALIS

Kong Hua-zhong

**A Major Project of the Knowledge Innovation Program
of the Chinese Academy of Sciences**

A Major Project of the National Natural Science Foundation of China

(Supported by the National Natural Science Foundation of China,
the Chinese Academy of Sciences, and the Ministry of Science and Technology of China)

Science Press
Beijing

青霉属及其相关有性型属

本 卷 著 者

孔 华 忠 王 龙

(中国科学院微生物研究所)

AUCTORES

Kong Hua-zhong Wang Long

(*Instituti Microbiologici, Academiae Sinicae*)

中国孢子植物志第四届编委名单

(1998年4月)

(右上角有*者为常委)

主 编 曾呈奎*

常务副主编 魏江春*

副 主 编 余永年* 吴鹏程* 毕列爵*

编 委 (以姓氏笔画为序)

王全喜 白金铠 田金秀* 刘 波 庄文颖*

庄剑云* 齐雨藻 齐祖同* 朱浩然 应建浙*

吴继农 邵力平 陈灼华 陈健斌* 陆保仁

林永水 郑柏林 郑儒永* 姜广正 赵震宇

施之新 胡人亮 胡征宇 胡鸿钧 高 谦

夏邦美 谢树莲 臧 穆 黎兴江

序

中国孢子植物志是非维管束孢子植物志，分《中国海藻志》、《中国淡水藻志》、《中国真菌志》、《中国地衣志》及《中国苔藓志》五部分。中国孢子植物志是在系统生物学原理与方法的指导下对中国孢子植物进行考察、收集和分类的研究成果；是生物多样性研究的主要内容；是物种保护的重要依据，对人类活动与环境甚至全球变化都有不可分割的联系。

中国孢子植物志是我国孢子植物物种数量、形态特征、生理生化性状、地理分布及其与人类关系等方面的综合信息库；是我国生物资源开发利用、科学研究与教学的重要参考文献。

我国气候条件复杂，山河纵横，湖泊星布，海域辽阔，陆生和水生孢子植物资源极其丰富。中国孢子植物分类工作的发展和《中国孢子植物志》的陆续出版，必将为我国开发利用孢子植物资源和促进学科发展发挥积极作用。

随着科学技术的进步，我国孢子植物分类工作在广度和深度方面将有更大的发展，对于这部著作也将不断补充、修订和提高。

中国科学院中国孢子植物志编辑委员会

1984年10月·北京

中国孢子植物志总序

中国孢子植物志是由《中国海藻志》、《中国淡水藻志》、《中国真菌志》、《中国地衣志》及《中国苔藓志》所组成。至于维管束孢子植物蕨类未被包括在中国孢子植物志之内，是因为它早先已被纳入《中国植物志》计划之内。为了将上述未被纳入《中国植物志》计划之内的藻类、真菌、地衣及苔藓植物纳入中国生物志计划之内，出席 1972 年中国科学院计划工作会议的孢子植物学工作者提出筹建“中国孢子植物志编辑委员会”的倡议。该倡议经中国科学院领导批准后，“中国孢子植物志编辑委员会”的筹建工作随之启动，并于 1973 年在广州召开的《中国植物志》、《中国动物志》和中国孢子植物志工作会议上正式成立。自那时起，中国孢子植物志一直在“中国孢子植物志编辑委员会”统一主持下编辑出版。

孢子植物在系统演化上虽然并非单一的自然类群，但是，这并不妨碍在全国统一组织和协调下进行孢子植物志的编写和出版。

随着科学技术的飞速发展，人们关于真菌的知识日益深入的今天，黏菌与卵菌已被从真菌界中分出，分别归隶于原生动动物界和管毛生物界。但是，长期以来，由于它们一直被当作真菌由国内外真菌学家进行研究；而且，在“中国孢子植物志编辑委员会”成立时已将黏菌与卵菌纳入中国孢子植物志之一的《中国真菌志》计划之内并陆续出版，因此，沿用包括黏菌与卵菌在内的《中国真菌志》广义名称是必要的。

自“中国孢子植物志编辑委员会”于 1973 年成立以后，作为“三志”的组成部分，中国孢子植物志的编研工作由中国科学院资助；自 1982 年起，国家自然科学基金委员会参与部分资助；自 1993 年以来，作为国家自然科学基金委员会重大项目，在国家基金委资助下，中国科学院及科技部参与部分资助，中国孢子植物志的编辑出版工作不断取得重要进展。

中国孢子植物志是记述我国孢子植物物种的形态、解剖、生态、地理分布及其与人类关系等方面的大型系列著作，是我国孢子植物物种多样性的重要研究成果，是我国孢子植物资源的综合信息库，是我国生物资源开发利用、科学研究与教学的重要参考文献。

我国气候条件复杂，山河纵横，湖泊星布，海域辽阔，陆生与水生孢子植物物种多样性极其丰富。中国孢子植物志的陆续出版，必将为我国孢子植物资源的开发利用，为我国孢子植物科学的发展发挥积极作用。

中国科学院中国孢子植物志编辑委员会

主编 曾呈奎

2000 年 3 月 北京

Foreword of the Cryptogamic Flora of China

Cryptogamic Flora of China is composed of *Flora Algarum Marinarum Sinicarum*, *Flora Algarum Sinicarum Aquae Dulcis*, *Flora Fungorum Sinicorum*, *Flora Lichenum Sinicorum*, and *Flora Bryophytorum Sinicorum*, edited and published under the direction of the Editorial Committee of the Cryptogamic Flora of China, Chinese Academy of Sciences (CAS). It also serves as a comprehensive information bank of Chinese cryptogamic resources.

Cryptogams are not a single natural group from a phylogenetic point of view which, however, does not present an obstacle to the editing and publication of the Cryptogamic Flora of China by a coordinated, nationwide organization. The Cryptogamic Flora of China is restricted to non-vascular cryptogams including the bryophytes, algae, fungi, and lichens. The ferns, a group of vascular cryptogams, were earlier included in the plan of *Flora of China*, and are not taken into consideration here. In order to bring the above groups into the plan of Fauna and Flora of China, some leading scientists on cryptogams, who were attending a working meeting of CAS in Beijing in July 1972, proposed to establish the Editorial Committee of the Cryptogamic Flora of China. The proposal was approved later by the CAS. The committee was formally established in the working conference of Fauna and Flora of China, including cryptogams, held by CAS in Guangzhou in March 1973.

Although myxomycetes and oomycetes do not belong to the Kingdom of Fungi in modern treatments, they have long been studied by mycologists. *Flora Fungorum Sinicorum* volumes including myxomycetes and oomycetes have been published, retaining for *Flora Fungorum Sinicorum* the traditional meaning of the term fungi.

Since the establishment of the editorial committee in 1973, compilation of Cryptogamic Flora of China and related studies have been supported financially by the CAS. The National Natural Science Foundation of China has taken an important part of the financial support since 1982. Under the direction of the committee, progress has been made in compilation and study of Cryptogamic Flora of China by organizing and coordinating the main research institutions and universities all over the country. Since 1993, study and compilation of the Chinese fauna, flora, and cryptogamic flora have become one of the key state projects of the National Natural Science Foundation with the combined support of the CAS and the National Science and Technology Ministry.

Cryptogamic Flora of China derives its results from the investigations, collections, and classification of Chinese cryptogams by using theories and methods of systematic

and evolutionary biology as its guide. It is the summary of study on species diversity of cryptogams and provides important data for species protection. It is closely connected with human activities, environmental changes and even global changes. Cryptogamic Flora of China is a comprehensive information bank concerning morphology, anatomy, physiology, biochemistry, ecology, and phytogeographical distribution. It includes a series of special monographs for using the biological resources in China, for scientific research, and for teaching.

China has complicated weather conditions, with a crisscross network of mountains and rivers, lakes of all sizes, and an extensive sea area. China is rich in terrestrial and aquatic cryptogamic resources. The development of taxonomic studies of cryptogams and the publication of Cryptogamic Flora of China in concert will play an active role in exploration and utilization of the cryptogamic resources of China and in promoting the development of cryptogamic studies in China.

C. K. Tseng

Editor-in-Chief

The Editorial Committee of the Cryptogamic Flora of China

Chinese Academy of Sciences

March, 2000 in Beijing

《中国真菌志》序

《中国真菌志》是在系统生物学原理和方法指导下，对中国真菌，即真菌界的子囊菌、担子菌、壶菌及接合菌四个门以及不属于真菌界的卵菌等三个门和黏菌及其类似的菌类生物进行搜集、考察和研究的成果。本志所谓“真菌”系广义概念，涵盖上述三大菌类生物（地衣型真菌除外），即当今所称“菌物”。

中国先民认识并利用真菌作为生活、生产资料，历史悠久，经验丰富，诸如酒、醋、酱、红曲、豆豉、豆腐乳、豆瓣酱等的酿制，蘑菇、木耳、茭白作食用，茯苓、虫草、灵芝等作药用，在制革、纺织、造纸工业中应用真菌进行发酵，以及利用具有抗癌作用和促进碳素循环的真菌，充分显示其经济价值和生态效益。此外，真菌又是多种植物和人畜病害的病原菌，危害甚大。因此，对真菌物种的形态特征、多样性、生理生化、亲缘关系、区系组成、地理分布、生态环境以及经济价值等进行研究和描述，非常必要。这是一项重要的基础科学研究，也是利用益菌、控制害菌、化害为利、变废为宝的应用科学的源泉和先导。

中国是具有悠久历史的文明古国，从远古到明代的4500年间，科学技术一直处于世界前沿，真菌学也不例外。酒是真菌的代谢产物，中国酒文化博大精深、源远流长，有六七千年历史。约在公元300年的晋代，江统在其《酒诰》诗中说：“酒之所兴，肇自上皇。或云仪狄，又曰杜康。有饭不尽，委之空桑。郁结成味，久蓄气芳。本出于此，不由奇方。”作者精辟地总结了我国酿酒历史和自然发酵方法，比之意大利学者雷蒂（Radi, 1860）提出微生物自然发酵法的学说约早1500年。在仰韶文化时期（5000~3000 B. C.），我国先民已懂得采食蘑菇。中国历代古籍中均有食用菇蕈的记载，如宋代陈仁玉在其《菌谱》（1245年）中记述浙江台州产鹅膏菌、松蕈等11种，并对其形态、生态、品级和食用方法等作了论述和分类，是中国第一部地方性食用蕈菌志。先民用真菌作药材也是一大创造，中国最早的药典《神农本草经》（成书于102~200 A. D.）所载365种药物中，有茯苓、雷丸、桑耳等10余种药用真菌的形态、色泽、性味和疗效的叙述。明代李时珍在《本草纲目》（1578）中，记载“三菌”、“五蕈”、“六芝”、“七耳”以及羊肚菜、桑黄、鸡、雪蚕等30多种药用真菌。李氏将菌、蕈、芝、耳集为一类论述，在当时尚无显微镜帮助的情况下，其认识颇为精深。该籍的真菌学知识，足可代表中国古代真菌学水平，堪与同时代欧洲人（如C. Clusius, 1529~1609）的水平比拟而无逊色。

15世纪以后，居世界领先地位的中国科学技术，逐渐落后。从18世纪中叶到20世纪40年代，外国传教士、旅行家、科学工作者、外交官、军官、教师以及负有特殊任务者，纷纷来华考察，搜集资料，采集标本，研究鉴定，发表论文或专辑。如法国传教士西博特（P. M. Cibot）1759年首先来到中国，一住就是25年，对中国的植物（含真菌）写过不少文章，1775年他发表的五棱散尾菌（*Lysurus mokusin*），是用现代科学方法研究发表的第一个中国真菌。继而，俄国的波塔宁（G. N. Potanin, 1876）、意大利的吉拉迪（P. Giraldii, 1890）、奥地利的汉德尔-马泽蒂（H. Handel-

Mazzetti, 1913)、美国的梅里尔 (E. D. Merrill, 1916)、瑞典的史密斯 (H. Smith, 1921) 等共 27 人次来我国采集标本。研究发表中国真菌论著 114 篇册, 作者多达 60 余人次, 报道中国真菌 2040 种, 其中含 10 新属、361 新种。东邻日本自 1894 年以来, 特别是 1937 年以后, 大批人员涌到中国, 调查真菌资源及植物病害, 采集标本, 鉴定发表。据初步统计, 发表论著 172 篇册, 作者 67 人次以上, 共报道中国真菌约 6000 种 (有重复), 其中含 17 新属、1130 新种。其代表人物在华北有三宅市郎 (1908), 东北有三浦道哉 (1918), 台湾有泽田兼吉 (1912); 此外, 还有斋藤贤道、伊藤诚哉、平冢直秀、山本和太郎、逸见武雄等数十人。

国人用现代科学方法研究中国真菌始于 20 世纪初, 最初工作多侧重于植物病害和工业发酵, 纯真菌学研究较少。在一二十年代便有不少研究报告和学术论文发表在中外各种刊物上, 如胡先骕 1915 年的“菌类鉴别法”, 章祖纯 1916 年的“北京附近发生最盛之植物病害调查表”以及钱穉孙 (1918)、邹钟琳 (1919)、戴芳澜 (1920)、李寅恭 (1921)、朱凤美 (1924)、孙豫寿 (1925)、俞大绂 (1926)、魏岳寿 (1928) 等的论文。三四十年代有陈鸿康、邓叔群、魏景超、凌立、周宗璜、欧世璜、方心芳、王云章、裘维蕃等发表的论文, 为数甚多。他们中有的人终生或大半生都从事中国真菌学的科教工作, 如戴芳澜 (1893~1973) 著“江苏真菌名录” (1927)、“中国真菌杂记” (1932~1946)、《中国已知真菌名录》 (1936, 1937)、《中国真菌总汇》 (1979) 和《真菌的形态和分类》 (1987) 等, 他发表的“三角枫上白粉菌一新种” (1930), 是国人用现代科学方法研究、发表的第一个中国真菌新种。邓叔群 (1902~1970) 著“南京真菌记载” (1932~1933)、“中国真菌续志” (1936~1938)、《中国高等真菌志》 (1939) 和《中国的真菌》 (1963, 1996) 等, 堪称《中国真菌志》的先导。上述学者以及其他许多真菌学工作者, 为《中国真菌志》研编的起步奠定了基础。

在 20 世纪后半叶, 特别是改革开放以来的 20 多年, 中国真菌学有了迅猛的发展, 如各类真菌学课程的开设, 各级学位研究生的招收和培养, 专业机构和学会的建立, 专业刊物的创办和出版, 地区真菌志的问世等, 使真菌学人才辈出, 为《中国真菌志》的研编输送了新鲜血液。1973 年中国科学院广州“三志”会议决定, 《中国真菌志》的研编正式启动, 1987 年由郑儒永、余永年等编辑出版了《中国真菌志》第 1 卷《白粉菌目》, 至 2000 年已出版 14 卷。自第 2 卷开始实行主编负责制, 2. 《银耳目和花耳目》 (刘波主编, 1992); 3. 《多孔菌科》 (赵继鼎, 1998); 4. 《小煤炱目 I》 (胡炎兴, 1996); 5. 《曲霉属及其相关有性型》 (齐祖同, 1997); 6. 《霜霉目》 (余永年, 1998); 7. 《层腹菌目》 (刘波, 1998); 8. 《核盘菌科和地舌菌科》 (庄文颖, 1998); 9. 《假尾孢属》 (刘锡?、郭英兰, 1998); 10. 《锈菌目 I》 (王云章、庄剑云, 1998); 11. 《小煤炱目 II》 (胡炎兴, 1999); 12. 《黑粉菌科》 (郭林, 2000); 13. 《虫霉目》 (李增智, 2000); 14. 《灵芝科》 (赵继鼎、张小青, 2000)。盛世出巨著, 在国家“科教兴国” 英明政策的指引下, 《中国真菌志》的研编和出版, 定将为中华灿烂文化做出新贡献。

余永年 谨识
庄文颖

中国科学院微生物研究所
中国·北京·中关村
公元 2002 年 09 月 15 日

Foreword of Flora Fungorum Sinicorum

Flora Fungorum Sinicorum summarizes the achievements of Chinese mycologists based on principles and methods of systematic biology in intensive studies on the organisms studied by mycologists, which include non-lichenized fungi of the Kingdom Fungi, some organisms of the Chromista, such as oomycetes etc., and some of the Protozoa, such as slime molds. In this series of volumes, results from extensive collections, field investigations, and taxonomic treatments reveal the fungal diversity of China.

Our Chinese ancestors were very experienced in the application of fungi in their daily life and production. Fungi have long been used in China as food, such as edible mushrooms, including jelly fungi, and the hypertrophic stems of water bamboo infected with *Ustilago esculenta*; as medicines, like *Cordyceps sinensis* (caterpillar fungus), *Poria cocos* (China root), and *Ganoderma* spp. (lingzhi); and in the fermentation industry, for example, manufacturing liquors, vinegar, soy-sauce, *Monascus*, fermented soya beans, fermented bean curd, and thick broad-bean sauce. Fungal fermentation is also applied in the tannery, papermaking, and textile industries. The anti-cancer compounds produced by fungi and functions of saprophytic fungi in accelerating the carbon-cycle in nature are of economic value and ecological benefits to human beings. On the other hand, fungal pathogens of plants, animals and human cause a huge amount of damage each year. In order to utilize the beneficial fungi and to control the harmful ones, to turn the harmfulness into advantage, and to convert wastes into valuables, it is necessary to understand the morphology, diversity, physiology, biochemistry, relationship, geographical distribution, ecological environment, and economic value of different groups of fungi. *Flora Fungorum Sinicorum* plays an important role from precursor to fountainhead for the applied sciences.

China is a country with an ancient civilization of long standing. In the 4500 years from remote antiquity to the Ming Dynasty, her science and technology as well as knowledge of fungi stood in the leading position of the world. Wine is a metabolite of fungi. The Wine Culture history in China goes back 6000 to 7000 years ago, which has a distant source and a long stream of extensive knowledge and profound scholarship. In the Jin Dynasty (ca. 300 A.D.), JIANG Tong, the famous writer, gave a vivid account of the Chinese fermentation history and methods of wine processing in one of his poems entitled *Drinking Games* (Jiu Gao), 1500 years earlier than the theory of microbial fermentation in natural conditions raised by the Italian scholar, Radi (1860). During the period of the Yangshao Culture (5000—3000 B.C.), our Chinese ancestors knew how to eat mushrooms. There were a great number of records of edible mushrooms in Chi-

nese ancient books. For example, back to the Song Dynasty, CHEN Ren-Yu (1245) published the *Mushroom Menu* (Jun Pu) in which he listed 11 species of edible fungi including *Amanita* sp. and *Tricholoma matsutake* from Taizhou, Zhejiang Province, and described in detail their morphology, habitats, taxonomy, taste, and way of cooking. This was the first local flora of the Chinese edible mushrooms. Fungi used as medicines originated in ancient China. The earliest Chinese pharmacopocia, *Shen-Nong Materia Medica* (Shen Nong Ben Cao Jing), was published in 102—200 A.D. Among the 365 medicines recorded, more than 10 fungi, such as *Poria cocos* and *Polyporus mylittae*, were included. Their fruitbody shape, color, taste, and medical functions were provided. The great pharmacist of Ming Dynasty, LI Shi-Zhen (1578) published his eminent work *Compendium Materia Medica* (Ben Cao Gang Mu) in which more than thirty fungal species were accepted as medicines, including *Aecidium mori*, *Cordyceps sinensis*, *Morchella* spp., *Termitomyces* sp., etc. Before the invention of microscope, he managed to bring fungi of different classes together, which demonstrated his intelligence and profound knowledge of biology.

After the 15th century, development of science and technology in China slowed down. From middle of the 18th century to the 1940's, foreign missionaries, tourists, scientists, diplomats, officers, and other professional workers visited China. They collected specimens of plants and fungi, carried out taxonomic studies, and published papers, exsiccatae, and monographs based on Chinese materials. The French missionary, P. M. Cibot, came to China in 1759 and stayed for 25 years to investigate plants including fungi in different regions of China. Many papers were written by him. *Lysurus mokusin*, identified with modern techniques and published in 1775, was probably the first Chinese fungal record by these visitors. Subsequently, around 27 man-times of foreigners attended field excursions in China, such as G. N. Potanin from Russia in 1876, P. Giraldii from Italy in 1890, H. Handel-Mazzetti from Austria in 1913, E. D. Merrill from the United States in 1916, and H. Smith from Sweden in 1921. Based on examinations of the Chinese collections obtained, 2040 species including 10 new genera and 361 new species were reported or described in 114 papers and books. Since 1894, especially after 1937, many Japanese entered China. They investigated the fungal resources and plant diseases, collected specimens, and published their identification results. According to incomplete information, some 6000 fungal names (with synonyms) including 17 new genera and 1130 new species appeared in 172 publications. The main workers were I. Miyake in the Northern China, M. Miura in the Northeast, K. Sawada in Taiwan, as well as K. Saito, S. Ito, N. Hiratsuka, W. Yamamoto, T. Hemmi, etc.

Research by Chinese mycologists started at the turn of the 20th century when plant diseases and fungal fermentation were emphasized with very little systematic work. Scientific papers or experimental reports were published in domestic and international journals during the 1910's to 1920's. The best-known are "Identification of the fungi" by H. H. Hu in 1915, "Plant disease report from Peking and the adjacent regions" by C.S.

Chang in 1916, and papers by S. S. Chian (1918), C. L. Chou (1919), F. L. Tai (1920), Y. G. Li (1921), V. M. Chu (1924), Y. S. Sun (1925), T. F. Yu (1926), and N. S. Wei (1928). Mycologists who were active at the 1930's to 1940's are H. K. Chen, S. C. Teng, C. T. Wei, L. Ling, C. H. Chow, S. H. Ou, S. F. Fang, Y. C. Wang, W. F. Chiu, and others. Some of them dedicated their lifetime to research and teaching in mycology. Prof. F. L. Tai (1893—1973) is one of them, whose representative works were “List of fungi from Jiangsu” (1927), “Notes on Chinese fungi” (1932—1946), *A List of Fungi Hitherto Known from China* (1936, 1937), *Sylloge Fungorum Sinicorum* (1979), *Morphology and Taxonomy of the Fungi* (1987), etc. His paper entitled “A new species of *Uncinula* on *Acer trifidum* Hook. & Arn.” was the first new species described by a Chinese mycologist. Prof. S. C. Teng (1902—1970) is also an eminent teacher. He published “Notes on fungi from Nanking” in 1932—1933, “Notes on Chinese fungi” in 1936—1938, *A Contribution to Our Knowledge of the Higher Fungi of China* in 1939, and *Fungi of China* in 1963 and 1996. Work done by the above-mentioned scholars lays a foundation for our current project on *Flora Fungorum Sinicorum*.

In 1973, an important meeting organized by the Chinese Academy of Sciences was held in Guangzhou (Canton) and a decision was made, uniting the related scientists from all over China to initiate the long term project “Fauna, Flora, and Cryptogamic Flora of China”. Work on *Flora Fungorum Sinicorum* thus started. Significant progress has been made in development of Chinese mycology since 1978. Many mycological institutions were founded in different areas of the country. The Mycological Society of China was established, the journals *Acta Mycological Sinica* and *Mycosystema* were published as well as local floras of the economically important fungi. A young generation in field of mycology grew up through post-graduate training programs in the graduate schools. The first volume of Chinese Mycoflora on the Erysiphales (edited by R. Y. Zheng & Y. N. Yu, 1987) appeared. Up to now, 14 volumes have been published: Tremellales and Dacrymycetales edited by B. Liu (1992), Polyporaceae by J. D. Zhao (1998), Meliolales Part I (Y. X. Hu, 1996), *Aspergillus* and its related teleomorphs (Z. T. Qi, 1997), Peronosporales (Y. N. Yu, 1998), Sclerotiniaceae and Geoglossaceae (W. Y. Zhuang, 1998), *Pseudocercospora* (X. J. Liu & Y. L. Guo, 1998), Uredinales Part I (Y. C. Wang & J. Y. Zhuang, 1998), Meliolales Part II (Y. X. Hu, 1999), Ustilaginaceae (L. Guo, 2000), Entomophthorales (Z. Z. Li, 2000), and Ganodermataceae (J. D. Zhao & X. Q. Zhang, 2000). We eagerly await the coming volumes and expect the completion of *Flora Fungorum Sinicorum* which will reflect the flourishing of Chinese culture.

Y. N. Yu and W. Y. Zhuang
Institute of Microbiology, CAS, Beijing
September 15, 2002

致 谢

在本卷菌物的研究期间，中国科学院微生物研究所的庄剑云博士和陈桂清副研究员，中国科学院植物研究所的肖若男副研究员，云南农业大学的张中义教授和刘云龙教授，云南勐腊县谭杜初副县长，云南茶叶进出口公司苏芳华高级工程师，北京大学第一医院的李若瑜教授，贵州大学真菌资源研究室的梁宗琦教授，国家档案局科研所的陶琴高级工程师，新疆建设兵团棉麻公司的吴训化副总经理兼高级工程师，中国土特产广西茶叶进出口公司黄书英总经济师，广西桂林市的曾繁惠高级工程师，北海市农业推广中心的邓坤章和叶子智先生和故宫博物院试验室的王春蕾女士，山东烟台市环境监测中心站副站长曲年受等先生和女士为我们采集样品或在采集样品的过程中热情地给予人力和物力帮助，或无私赠送分离物，在此深表感谢。

还有英国国际菌物研究所 (IMI) 的 Z. Lawrence 博士和 J. Kelley 博士，荷兰菌种保藏中心 (CBS) 的 R. A. Samson 博士、C. S. Tan 博士、E. S. Hermanides-Nijhof 博士和 F. Snippe-Claus 博士，美国典型菌种搜集中心 (ATCC) 的 S. C. Jong 博士、L. Alleyne 博士及迈阿密大学的 M. A. Vincent 博士，日本国立卫生科学研究所的宇田川俊一 (S. Udagawa) 博士和长崎县卫生公害研究所的上田成一 (S. Ueda) 博士，澳大利亚联邦科学和工业研究会食品部的 J. I. Pitt 博士，加拿大滑铁卢 (University of Waterloo) 大学的 B. Kendrick 博士等为我们交换或赠送菌株、提供模式菌株和一些资料给予了方便和支持，对他们的慷慨和友好深致谢意。

在研究和编写本卷的过程中，中国科学院的魏江春院士、余永年教授、庄剑云博士、田金秀副研究员等给予了很大的支持和帮助；尤其是本卷第一作者曾在齐祖同教授的课题组工作多年，为申请本项目和本书的研编奠定了基础；本书初稿完成之后，张天宇教授、臧穆教授、王端礼教授、李若瑜教授等均提出了宝贵的意见，在此对他们深表真挚感谢。还有中国科学院的朱向菲、韩者芳、简荔等女士为我们描绘显微线条图；苑兰翠女士为我们拍摄彩色菌落照片和印放显微摄影照片；初昭峤、董光军、边庆和、刘汝臻等先生为我们拍摄和印扫描电镜照片；本书还引用了曾显雄 (S. S. Tzean) 博士等的有关 12 个种的描述和显微线条图，在此一并致以诚挚的谢意。

说 明

1. 本书是对中国青霉属及其相关有性型属——正青霉属和篮状菌属研究的总结。全书包括通论、专论、附录、参考文献、索引和图版六大部分。
2. 通论部分简述了青霉属及其相关有性型属的经济重要性、分类史和现状、相关的分类系统、学名引证问题、相关技术和方法，并介绍了关于青霉属归属问题的两种不同观点。
3. 专论部分共描述了中国青霉属及其相关有性型属的 97 个种（包括台湾曾显雄等报道的 11 个种）。其中青霉属的 80 个种分别隶属于 9 组 19 系，正青霉属的 9 个种分别隶属于 4 个组，篮状菌属的 8 个种分别隶属于篮状菌组和待定组；每个属、亚属、组和系均概括了相关概念或主要特征，并编写了包括种在内的检索表；每个种有正名、异名（大多数种）及相关文献、形态描述、主要特征、分布、菌号和基物的引证，部分种给予了讨论或引用了相关的代谢产物。
4. 很少量真菌学名的种加词和定名人的拼写可能与 Raper 和 Thom (1949) 及 Pitt (1979) 的著作中有异，这是因以 Pitt 和 Samson (1993) 的资料为依据之故。
5. 有少量影响较大或在国内外文献中普遍使用的种名，因种的概念的变化，现已成为它种的异名，如特异青霉 (*Penicillium notatum* Westl.) 现是产黄青霉 (*P. chrysogenum* Thom) 的异名、圆弧青霉 (*P. cyclopium* Westl.) 现是橘灰青霉 (*P. aurantiogriseum* Dierckx) 的异名等。
6. 凡其他文献内有关种名现已是它种的异名，其代谢产物均已收录于相应的现用种名的描述之后。
7. 本书共有显微结构图 105 幅，黑白显微和超显微照片 7 版，彩色菌落照片 15 版。
8. 附录部分有相关术语解释，按汉语拼音字母顺序排列，且在括号内附有相应外文。
9. 参考文献按作者姓名字母顺序排列。中国作者按汉语拼音字母顺序排列，其他非英语系国家的作者按拉丁化后的姓名字母顺序排列，这两类字母均融合于英文字母之中。
10. 种名汉名和代谢产物汉名的索引分别按汉语拼音字母顺序排列，真菌学名索引按拉丁字母顺序排列，代谢产物外名索引按英文字母顺序排列。
11. 书中引用的各种菌株号除少量是收集或外单位相关工作者提供外，均是本书著者从我国各地采集和分离获得，活培养物保藏于中国科学院微生物研究所；著者较早发表的新种，其活培养物在美国的 ATCC、英国的 IMI 和荷兰的 CBS 也有保藏。
12. 菌落彩色照片全是在查氏酵母膏琼脂 (CYA) 上、25℃ 培养 7 天的菌落。

目 录

序

中国孢子植物志总序

《中国真菌志》序

致谢

说明

通论	1
经济重要性	1
分类史和现状	4
青霉属的归属问题及相关属的分类系统	16
命名和引证问题	18
材料、方法和技术	21
青霉属的近似属	29
形态和结构	30
专论	38
青霉属 <i>Penicillium</i> Link	38
属的概念, 属内分类系统和相关检索	38
类曲霉亚属 Subgenus <i>Aspergilloides</i> Dierckx	40
1. 光孢青霉 <i>P. glabrum</i> (Wehmer) Westling	43
2. 变紫青霉 <i>P. purpurescens</i> (Sopp) Biourge	45
3. 小刺青霉 <i>P. spinulosum</i> Thom	47
4. 铅色青霉 <i>P. lividum</i> Westling	49
5. 托姆青霉 <i>P. thomii</i> Maire	51
6. 菌核青霉 <i>P. sclerotiorum</i> J. F. H. Beyma	53
7. 冬克青霉 <i>P. donkii</i> Stolk	54
8. 纠结青霉 <i>P. implicatum</i> Biourge	56
9. 蒙大拿青霉 <i>P. montanense</i> Christensen & Backus	58
10. 结节青霉 <i>P. nodulum</i> H. Z. Kong & Z. T. Qi	60
11. 比莱青霉 <i>P. bilaiae</i> Chalabuda	61
12. 鲜红青霉 <i>P. chermesinum</i> Biourge	63
13. 局限青霉 <i>P. restrictum</i> Gilman & Abbott	65
14. 红紫青霉 <i>P. roseopurpureum</i> Dierckx	67
15. 酒色青霉 <i>P. vinaceum</i> Gilman & Abbott	68
16. 胶囊青霉 <i>P. capsulatum</i> Raper & Fennell	70

17. 异型青霉 <i>P. heteromorphum</i> H. Z. Kong & Z. T. Qi	71
18. 无色青霉 <i>P. incoloratum</i> L. Q. Huang & Z. T. Qi	73
19. 贵州青霉 <i>P. guizhouanum</i> H. Z. Kong	74
20. 江西青霉 <i>P. jiangxiense</i> H. Z. Kong & Z. Q. Liang	76
21. 木犀青霉 <i>P. resedanum</i> McLennan & Ducker	77
22. 黄暗青霉 <i>P. citreonigrum</i> Dierckx	79
23. 斜卧青霉 <i>P. decumbens</i> Thom	81
24. 阿达青霉 <i>P. adametzii</i> K. M. Zalessky	83
25. 蓝青霉 <i>P. cyaneum</i> (Bainier & Sartory) Biourge	84
叉状亚属 Subgenus <i>Furcatum</i> Pitt	86
26. 微紫青霉 <i>P. janthinellum</i> Biourge	89
27. 毡毛青霉 <i>P. velutinum</i> J. F. H. Beyma	92
28. 杨奇青霉 <i>P. janczewskii</i> K. M. Zalessky	94
29. 梅林青霉 <i>P. melinii</i> Thom	96
30. 齿孢青霉 <i>P. daleae</i> K. M. Zalessky	98
31. 灰紫青霉 <i>P. griseopurpureum</i> Smith	99
32. 变灰青霉 <i>P. canescens</i> Sopp	101
33. 瘦青霉 <i>P. fellutanum</i> Biourge	103
34. 瓦克青霉 <i>P. waksmanii</i> K. M. Zalessky	105
35. 詹森青霉 <i>P. jensenii</i> K. M. Zalessky	107
36. 椭孢青霉 <i>P. ellipsoideosporum</i> L. Wang & H. Z. Kong	108
37. 神农架青霉 <i>P. shennongjianum</i> H. Z. Kong & Z. T. Qi	110
38. 草酸青霉 <i>P. oxalicum</i> Currie & Thom	112
39. 筒青霉 <i>P. simplicissimum</i> (Oudem.) Thom	115
40. 罗尔夫青霉 <i>P. rolfsii</i> Thom	117
41. 雷斯青霉 <i>P. raistrickii</i> G. Smith	119
42. 橘青霉 <i>P. citrinum</i> Thom	121
43. 顶青霉 <i>P. corylophilum</i> Dierckx	124
44. 米舒青霉 <i>P. miczynskii</i> K. M. Zalessky	126
45. 梅花状青霉 <i>P. herquei</i> Bainier & Sartory	128
46. 蕈青霉 <i>P. paxilli</i> Bainier	130
47. 糙梗青霉 <i>P. scabrosum</i> Frisvad, Samson & Stolk	131
青霉亚属 Subgenus <i>Penicillium</i>	133
48. 扩展青霉 <i>P. expansum</i> Link	136
49. 产黄青霉 <i>P. chrysogenum</i> Thom	139
50. 黑绿青霉 <i>P. atramentosum</i> Thom	142
51. 鲜绿青霉 <i>P. viridicatum</i> Westling	144
52. 皮落青霉 <i>P. crustosum</i> Thom	147
53. 娄地青霉 <i>P. roqueforti</i> Thom	148
54. 多毛青霉 <i>P. hirsutum</i> Dierckx	150
55. 刺糙青霉 <i>P. echinulatum</i> Raper, Thom & Fassatióvá	152
56. 橘灰青霉 <i>P. aurantiogriseum</i> Dierckx	154
57. 卡门柏青霉 <i>P. camemberti</i> Thom	158

58. 灰黄青霉 <i>P. griseofulvum</i> Dierckx	160
59. 羊毛状青霉 <i>P. lanosum</i> Westling	162
60. 短密青霉 <i>P. brevicompactum</i> Dierckx	164
61. 栎实青霉 <i>P. glandicola</i> (Oudem.) Seifert & Samson	166
62. 疣状青霉 <i>P. verrucosum</i> Dierckx	168
63. 意大利青霉 <i>P. italicum</i> Wehmer	171
64. 指状青霉 <i>P. digitatum</i> (Pers. : Fr.) Saccardo	173
65. 乌来青霉 <i>P. ulaiense</i> Hsieh, Su & Tzean	175
66. 奥尔森青霉 <i>P. olsonii</i> Bainier & Sartory	177
双轮亚属 Subgenus <i>Biverticillium</i> Dierckx	178
67. 狐粪青霉 <i>P. vulpinum</i> (Cooke & Masee) Seifert & Samson	181
68. 台湾青霉 <i>P. formosanum</i> Hsieh, Su & Tzean	183
69. 朱黄青霉 <i>P. minioluteum</i> Dierckx	185
70. 嗜松青霉 <i>P. pinophilum</i> Hedcock	187
71. 异生青霉 <i>P. diversum</i> Raper & Fennell	188
72. 马尔尼菲青霉 <i>P. marneffeii</i> Segretain, Capponi & Sureau	190
73. 绳状青霉 <i>P. funiculosum</i> Thom	191
74. 产紫青霉 <i>P. purpurogenum</i> Stoll	194
75. 疣孢青霉 <i>P. verruculosum</i> Peyronel	196
76. 棘孢青霉 <i>P. aculeatum</i> Raper & Fennell	197
77. 岛青霉 <i>P. islandicum</i> Sopp	199
78. 变幻青霉 <i>P. variabile</i> Sopp	201
79. 栓状青霉 <i>P. piceum</i> Raper & Fennell	203
80. 皱褶青霉 <i>P. rugulosum</i> Thom	205
正青霉属 <i>Eupenicillium</i> Ludwig	207
81. 巴恩正青霉 <i>E. baarnense</i> (J. F. H. Beyma) Stolk & Scott	208
82. 皮壳正青霉 <i>E. crustaceum</i> Ludwig	211
83. 赭鲑色正青霉 <i>E. ochrosalmoneum</i> Scott & Stolk	212
84. 希尔正青霉 <i>E. shearii</i> Stolk & Scott	214
85. 西奈正青霉 <i>E. sinaicum</i> Udagawa & Ueda	216
86. 肉桂紫正青霉 <i>E. cinnamopurpureum</i> Scott & Stolk	218
87. 安纳托利亚正青霉 <i>E. anatolicum</i> Stolk	220
88. 爪哇正青霉 <i>E. javanicum</i> (J. F. H. Beyma) Stolk & Scott	222
89. 布雷正青霉 <i>E. brefeldianum</i> (B. O. Dodge) Stolk & Scott	224
篮状菌属 <i>Talaromyces</i> Benjamin	226
90. 黄色篮状菌 <i>T. flavus</i> (Klöcker) Stolk & Samson	228
91. 糙刺篮状菌 <i>T. trachyspermus</i> (Shear) Stolk & Samson	231
92. 沃特曼篮状菌 <i>T. wortmannii</i> (Klöcker) Benjamin	232
93. 柄篮状菌 <i>T. stipitatus</i> (Thom) Benjamin	235
94. 亚西岛篮状菌 <i>T. assiutensis</i> Samson & Abdel-Fattah	237
95. 单脊篮状菌 <i>T. unicus</i> Tzean, Chen & Shiu	238
96. 短密篮状菌 <i>T. brevicompactus</i> H. Z. Kong	241

97. 榛色篮状菌 <i>T. avellaneus</i> (Thom & Turesson) Benjamin	242
附录	245
参考文献	249
索引	270
真菌汉名索引	270
真菌学名索引	273
代谢产物汉名索引	277
代谢产物外名索引	281
图版	

通 论

青霉属 (*Penicillium* Link) 的成员是腐生类真菌的一部分, 寄生者少。从炎热的赤道至寒冷的南极 (Sugiyama *et al.*, 1967; 孔华忠, 齐祖同, 1991) 的土壤、大气中和其他各种基物上都可能有该属的成员存在 (Kuraishi *et al.*, 1991); 有 20 多个种几乎处处都有可能分离到其中的一个或几个种; 由于它们分布如此普遍, 不管人们是否愿意都不可避免地直接或间接与它们打交道; 它们本身或其代谢产物对人类有益或有害, 从而无论从分类学的角度还是从应用的角度出发, 长期以来一直受到人们的关注 (Pitt, 1994); 关于青霉的归属问题, 按照传统的真菌分类系统, 在生活史中尚未发现有性阶段的青霉隶属于半知菌类; 随着新技术的应用, 一些有关分类学工作者认为未发现有性阶段的青霉也属于子囊菌。孔华忠目前赞同前一观点。

经济重要性

青霉属的种和许多其他腐生真菌一样, 其本身和多种多样的代谢产物, 因有益而被人们所利用, 或因有害而受到人们的遏制。现将它们重要的经济意义简介如下:

有益方面

(1) 参与大自然的分解过程。在 1g 不太肥沃的土壤内, 可能有数以万计的真菌孢子或断裂的菌丝 (余永年, 1980), 其中就可能青霉的分生孢子或菌丝体。青霉能产生纤维素酶等多种酶和其他化合物, 并和其他微生物一起, 以机械地、酶学或其他一些化学反应来分解已死的动植物材料, 把种种复杂的含碳化合物分解成简单的化合物, 并将其返还到大自然, 扮演了重要的生态角色 (Peberdy, 1987; Onions & Brady, 1987)。

(2) 参与食品的发酵过程。在西方生产干酪的工艺过程中包含了青霉、酵母和细菌的共同作用, 青霉主要是起催熟的作用。娄地青霉 (*P. roqueforti*) 和卡门柏青霉 (*P. camemberti*) 对蓝干酪和沙门柏干酪的特有风味起着关键作用; 丹麦的蓝干酪和意大利的葛更佐拉衬 (Italian Gorgonzola) 白干酪也是青霉催熟的; 在加工农村火腿面包和意大利式蒜味咸肠的过程中也利用了青霉、曲霉和细菌的共同作用 (Alexopoulos *et al.*, 1996); 中国黄酒的生产 (余永年, 1980) 及北京的面酱和黄酱的生产, 在发酵过程中也有种种青霉参与 (张国柱等, 1986)。

(3) 有益的代谢产物。早在 1928 年, 英国的 Fleming 发现在葡萄球菌 (*Staphylococcus*) 菌落的周围污染了蓝绿色的霉菌, 并能抑制前者的生长, 他将污染菌分离纯化并进一步做实验, 从而发现了一种高度有效抗革兰氏阳性细菌的物质, 并将其命名为青霉素, 从此世界上首次发现了抗生素。在第二次世界大战期间, 因伤口感染而造成伤病

员死亡的情况屡屡发生，于是美国于1940年恢复了对青霉素的研究，次年进行临床试验并投入商业化生产。这一突破性的发现和应用引起了细菌学家、药物学家、化学家、化学工程师的高度重视 (Raper & Thom, 1949; Bycroft & Shute, 1987; Alexopoulos *et al.*, 1996)。此后，不仅在青霉中寻找抗生素，也在其他真菌、其他微生物、动物和植物中寻找抗生素或其他代谢产物，直到现在，人们寻找它们的热情仍未减。据报道，仅青霉的代谢产物就报道了380种 (Mantle, 1987)，新的代谢产物还在不断地被发现。

在青霉菌中除青霉素之外还有许多有益的代谢产物，现介绍部分如下：

灰黄霉素 (grieseofulvin) (Raper & Thom, 1949; Pitt, 1979; Cole & Cox, 1981; Stolk *et al.*, 1990; Kozlovsky *et al.*, 1997; 尹光琳等, 1992)，新的抗真菌剂 (calbistrins) (Brill *et al.*, 1993; Jackson *et al.*, 1993)，新抗生素 (xanthoepocin) (Igarashi *et al.*, 2000)，MT81 (多羟基蒽醌, polyhydroxy anthraquinone) (Chatterjee & Chakravorty, 1992)，柠檬酸 (citric acid) (Raper & Thom, 1949; Domsch *et al.*, 1980; Franz *et al.*, 1993; Gallmetzer & Burgstaller, 2001)，葡萄糖酸 (gluconic acid) (Raper & Thom, 1949; Deuchat, 1987)，纤维素酶 (cellulase) (Dighe *et al.*, 1981; Lynch *et al.*, 1981; Joglekar *et al.*, 1983; Mishra *et al.*, 1984; Durand *et al.*, 1984; Keskar, 1992; Kurasawa, 1992; Kuhad & Singh, 1993; Castellanos *et al.*, 1994; 王文甫等, 1983; 曲音波等, 1984; 尹光琳等, 1992)，脂肪酶 (lipase) (Shipe, 1951; Eitenmiller *et al.*, 1970; Chander *et al.*, 1977; Kondo *et al.*, 1994; Gombert *et al.*, 1999; Chahinian *et al.*, 2000; Ferrer *et al.*, 2000; 徐加立等, 1995; 黄建忠, 施巧琴, 1995; 黄建忠等, 1996; 郑毅, 施巧琴, 1999; 李江华等, 1999, 2000a, 2000b)，蛋白酶 (protease) (Ghosh & Thangamani, 1973)，酸性蛋白酶 (acid protease) (Hashimoto *et al.*, 1973a, 1973b; Emi *et al.*, 1976; Petrovic *et al.*, 1991)，中性蛋白酶 (neutral proteinase) (尹光琳等, 1992)，淀粉酶 (amylase) (Oso, 1979; Panikov *et al.*, 1990; 廖福荣, 1987)，淀粉水解酶 (starch digestion enzyme) (谢舜珍, 张树政, 1994)，葡萄糖淀粉酶 (glucoamylase) (Nandi & Mukherjee, 1991)，葡萄糖氧化酶 (glucose oxidase) (Welfle *et al.*, 1990; Petruccioli *et al.*, 1993; Petruccioli & Federici, 1993; Garzillo *et al.*, 1995; Federici *et al.*, 1996; Petruccioli *et al.*, 1999; 罗侃, 崔有宏, 1992)， β -葡萄糖苷酶 (β -glucosidase) (Aguado *et al.*, 1993; 刘纯强等, 1993)，木聚糖酶 (xylanase) (Curotto *et al.*, 1994; Belancic *et al.*, 1995; Funaguma *et al.*, 1991; Milagres & Lacis, 1991; Milagres *et al.*, 1993; Milagres, Prade, 1994; Steiner *et al.*, 1998; Rodrigues & Tambourgi, 2001; 杨瑞金等, 1999)，果胶酶 (pectinase) (Phaff, 1947; Said *et al.*, 1991; Fonseca & Said, 1995; 倪鸿静, 1993)，果胶裂解酶 (pectin lyase) (Spalding & Abdul-Baki, 1973; Spalding *et al.*, 1973; Olutiola & Akintunde, 1979; Alana *et al.*, 1990, 1991; Silva *et al.*, 1993; Mikhailova *et al.*, 1994; Alkorta *et al.*, 1995)， β -半乳糖苷酶 (beta-galactosidase) (Mckay, 1991; Rogalski & Lobarzewski, 1995; Fiedurek, 1998; 郭杰炎等, 1990)，多聚半乳糖醛酸酶 (polygalacturonases) (Swinburne & Cornden, 1969; Hershshorn *et al.*, 1990; Siessere *et al.*, 1992; Yao *et al.*, 1996)，内

聚半乳糖醛酸酶 (endopolygalacturonase)(Gillespie *et al.*, 1990), 核酸酶 (nuclease)(Maekawa *et al.*, 1991; 杨加华, 李爱芬, 1997; 夏黎明, 1998; 洪亦武等, 1995), 肽酶和蛋白水解酶 (peptidase & proteolytic enzyme)(Hofmann & Shaw, 1964), 类胡萝卜素 (carotenoid)(韩建荣等, 1998), β -胡萝卜素 (β -carotene)(尹光琳等, 1992), 新果-寡糖 (neofructo-oligosaccharides)(Hayashi *et al.*, 2000), 单胞蛋白 (single-cell protein)(Duthrie, 1975) 等。

(4) 其他方面。新的神经生长因子增效剂 (nerve growth factor, novel potentiators)(Ito *et al.*, 1992), 橘青霉 (*P. citrinum*) 的滤液作为诱导因子能促进抗癌药物紫杉醇的合成(李家儒, 刘曼西, 1998; 李家儒等, 1997), 葡萄糖酸钙(孙鹤龄, 1987) 等, 由于青霉代谢产物的多样性, 有待于进一步的开发和利用。

有害方面

事物往往有两面性, 青霉也不例外。由于它们的某些成员适应环境的能力很强, 常常给人类带来诸多麻烦或造成经济损失, 甚至引起人类和动物的不同程度的疾病, 严重者可致死。

(1) 严重的污染菌之一。青霉菌可使食品、饲料、水果、种子、药材和烟草发生霉腐变质, 毁坏各种织物、皮革、档案、图书和纸张, 腐蚀工业器材、原料和仪器设备, 也是实验室的污染源之一, 引起毛竹霉变(吴开云, 翁月霞, 1990), 是严重的霉腐菌(Ikotun, 1984), 常常造成不同程度的经济损失。

(2) 致病真菌之一。医学真菌是医学微生物的重要组成部分, 经国际确认的人、畜致病菌或条件致病菌已有百余种(孙鹤龄, 1987)。青霉基本上是条件致病菌。当人体、动物的抵抗力减弱或丧失, 或因伤而受到感染, 偶尔有输液或针剂、注射用具灭菌不彻底而造成人体感染。自然感染人体或动物的情况也有发生。据报道, 最典型的实例是Capponi等(1956)分离到的马尔尼菲青霉 (*P. marneffeii*)。该种最初分离于竹鼠(bamboo rat), 同时也感染人体, 引起肺、肝、肾、骨骼、皮肤、脑膜及心包的疾病, 可在管腔中形成血栓, 侵入血管后易随血流运行而散布至全身各器官, 其致病性凶险, 若不治疗, 则病人死亡率可达91.3%(Disalvo *et al.*, 1973; 韦兴国等, 1985; 李菊裳等, 1985; 康晓明等, 1992; 云丽琼等, 1995; 邓卓霖, 马韵, 1999; 潘健, 李菊裳, 1999; 邓卓霖, 刘新民, 2000; 王丽英等, 2000)。此外还有草酸青霉 (*P. oxalicum*) 可引起食管、胃等黏膜上皮的充血糜烂、增生, 甚至发生癌前病变; 皮落青霉 (*P. crustosum*) 可引起肺部和脑部感染或侵入血管引起血栓或出血(孙鹤龄, 1987); 斜卧青霉 (*P. decumbens*) 可引起系统感染(Alvarez, 1990)。

(3) 毒素致病。虽然青霉毒素及其中毒病早已被发现, 但尚未引起人们的足够重视。直到1960年英国发现火鸡中毒, 由此发现了黄曲霉毒素, 并证明其对动物具有强烈的致癌性之后, 才引起世界各国的极大重视。到目前为止, 已报道产毒素的青霉有50多个种(包括具有性阶段的青霉)。毒素的种类也较多, 有的种可产生几种毒素。它们在一定条件下可引起人、畜中毒。现简介部分实例如下:

圆弧偶氮酸 (cyclopiazonic acid) 的动物试验证明对肝、肾、肠道有毒性(孟昭赫,

孙玉书, 1983; 孙鹤龄, 1987; Cole & Cox, 1981; Reddy & Reddy 1992; Gqaleni *et al.*, 1996); 黄天精 (luteoskyrin) 使肝脏中毒, 可导致大白鼠的肝癌 (孟昭赫等, 1979, 孙鹤龄, 1987; Cole & Cox, 1981; Tseng & Tseng, 1995; Tseng, 1997); 橘霉素 (citrinin) 可引起试验动物的肝脏肿大、尿量增多, 肾小管扩张和上皮细胞变形坏死等现象 (孟昭赫等, 1979; 孙鹤龄, 1987; Cole & Cox, 1981; Vinas *et al.*, 1993b); 棒曲霉素 (patulin) 经动物试验证明了其致癌性 (孟昭赫等, 1979; 孙鹤龄, 1987; 俞世荣, 刘江, 1996; Jimenez *et al.*, 1990, 1991; Sanchis *et al.*, 1991; Escoula, 1992; Vinas *et al.*, 1993a; Vismar *et al.*, 1996); 黄绿青霉素 (citroviridin) 引起的急性中毒可使动物中枢神经麻痹, 继而导致心脏麻痹而死亡, 慢性中毒可使动物发生肝肿瘤和贫血 (孟昭赫等, 1979; 杨秋慧等, 2000; Cole & Cox, 1981); 青霉酸 (penicillic acid) 具有强烈的致癌性 (孟昭赫等, 1979; Sanchis *et al.*, 1982; Vesely *et al.*, 1984; Avent *et al.*, 1990); 红色青霉毒素 (rubratoxin) 使中毒动物的各个器官均呈现充血和出血, 尤其是肝脏和肾脏的症状最为明显 (孟昭赫等, 1979; Cole & Cox, 1981); 赭曲霉毒素 A (ochratoxin A) 对大白鼠和鸭雏的肝、肾均有损害, 并发现鸭雏肝细胞空胞形成和大白鼠肝的透明性及病灶坏死 (孟昭赫等, 1979; Cole & Cox, 1981; Holmberg *et al.*, 1991); PR 毒素 (PR toxin) 能使猫和鼠致命 (孟昭赫等, 1979; Cole & Cox, 1981; Frisvad & Filtenborg, 1983; Stolk *et al.*, 1990) 等。

分类史和现状

青霉属 *Penicillium* Link 的分类史和现状

青霉属的进展与一些相关科学和技术的发展密不可分。如荷兰商人安东·列文虎克于 1590 年发明了光学显微镜之后, 其放大倍数和分辨率在不断地被提高; 德国的 E. 鲁斯卡和 M. 克诺尔于 1931 年发明了电子显微镜, 直到现在常用的扫描电子显微镜等, 使我们能够明晰地观察到青霉的显微结构和超显微结构; 巴斯德于 1864 年建立了巴氏消毒法, 使我们能分离到纯净的青霉; 沃森和克里克于 1953 年发现了 DNA 的双螺旋结构, Holley、Khorana 和 Nirenberg 于 1961—1966 年阐明了遗传密码, Sanger 于 1977 年首次对 Φ X174 噬菌体 DNA 进行了全序列分析等 (阎隆飞, 张玉麟, 2002; 沈萍, 2002; 新华词典修订小组, 2001)。这些理论和技术的运用能使我们澄清一些青霉种的概念和更为合理地建立其分类系统; 现代的通信技术和网络的普遍使用能使我们即时了解一些信息, 以减少青霉的异名, 利于青霉的开发和应用。凡此种种, 都有利于青霉分类学的研究和发展。

由于许多因素和上述原因的影响, 青霉属分类学从属的建立到现在, 其分类研究的进展并不顺利。大体上可将其分类史分为四个阶段 (孔华忠, 1993)。

(1) 前期阶段 (1809—1929)。青霉属 *Penicillium* 这个名称来自拉丁 *penicillus*, 是小刷和画笔 (little brush) 的意思 (藤砥平, 蒋芝英, 1965)。Bulliard 和 Ventenat (1809) 把此“帚状”或“刷状”的结构用于毛霉, 命名了帚状毛霉 (*Mucor penicilla-*

tus), 而实际上首次提供了一种真正的青霉。

Link (1809) 在他的“自然界一些植物的观察”(*Observations in Ordines Plantarum Naturales*) 一文中首先运用青霉属这个名称, 并简单描述了灰绿青霉 (*P. glaucum*)、白青霉 (*P. candidum*) 和扩展青霉 (*P. expansum*) 三个种。Thom (1905) 在他的第一篇关于青霉的论文中指出, 前两个种不是青霉, 而 Link 描述的扩展青霉来自柏林 (Berlin) 腐烂的苹果和其他水果。Thom 于 1905 年对柏林市场上出售的当地水果进行了一次调查后, 使他确信扩展青霉和柏林地区腐烂苹果的真菌是同一个种。因此, 他把扩展青霉作为青霉属的模式种看待。与 Link 同时代的 Persoon、Fries 和 Greville (1823—1828) 在他们的出版物中也接受了青霉属。

Link (1809) 还描述了来自腐烂苹果的灰绿孢梗束霉 (*Coremium glaucum*), 这也是现代人们所指的扩展青霉。现代的一些相关分类学家认为用孢梗束霉这个名称没有正当的理由给予认可 (Pitt, 1979a)。

Corda (1837—1839) 排除了某些青霉不确定的结构, 他的一些图解使一些形态学特征太理想化, 别人按他的要求鉴定不能达到满意的结果。约在 1850 年, 在 Bonorden (1851)、Fresenius (1850—1863) 和 Preuss (1851—1853) 的著作中有一些青霉的描述, 但也把现在认为是枝孢霉属 (*Cladosporium*) 和好食丛梗孢 (*Monilia sitophila*) 等属种包括在青霉属内, 其描述的一些种中真正的青霉不多。因为他们用自己所在环境中的新鲜材料或标本室的干标本为根据进行描述, 误认为是足够纯的霉菌, 遗憾的是, 别人根据他们的描述特征找不到相应的有机体。

Brefeld 首次运用细菌学家们用于培养细菌的培养基来培养青霉, 于 1874 年发表了“灰绿青霉 (*P. glaucum*) 的生活史”, 其中附有精美的图解 (图 1), 并进行了有限的讨论。根据他的图解和说明, 可能包含几个种的显微结构。在 Wehmer (1893) 的论文中, 仍然认为使苹果腐烂的有机体是灰绿青霉, 并在青霉属内给单轮生青霉建立了一个新属即橘霉属 (*Citreomyces*)。有的研究者遵循此见解, 而大多数分类学家认为橘霉属只是青霉属的一部分, 不应该把它与青霉分开 (Pitt, 1979a)。Saccardo (1882—1928) 的《总汇》*Sylloge* 第四卷第 78 页引证的指状丛梗孢 (*Monilia digitata*) 实际上是指状青霉 (*P. digitatum*)。Sopp (1912) 的专著中用丰富的材料描述的种中涉及 60 种青霉, 并附有图解, 但没有提供任何培养物, 一些证据模糊不清, 也有灰绿青霉的名称。Dierckx (1901) 简述了他的工作方法, 简单而不适当地描述了 25 个新种, 而 Biourge (1923) 利用他的大量培养物、图版和描述的材料重新鉴定并描述了 22 个种。

Bainier 于 1905 年开始直到 1914 年 (Raper & Thom, 1949), 发表了一些论文, 描述了许多青霉。他以 Thom 描述的散枝青霉 (*P. divaricatum*) 为依据建立了新属——拟青霉属 (*Paecilomyces*), 散枝青霉成为宛氏拟青霉 (*Paecilomyces variotii*) 的基原异名, 后者成为新属的模式种; 他又以 Saccardo 描述的短青霉 (*P. brevicaulis*) 和许多类似的种类为依据建立了新属——帚霉属 (*Scopulariopsis*)。Westling (1911) 的论文中描述了包括 18 个新种在内的一些青霉, 其描述较全面, 引用了培养物, 引证了模式, 其中一些种被后来的研究者所接受。Sopp (1912) 在其著作中把一些自认为关系较紧密的种类一起描述和绘图, 涉及 60 种青霉, 但没有提供分离物, 还轻视其他的参考资料, 后来的分类学家只承认了他的少数几个种。

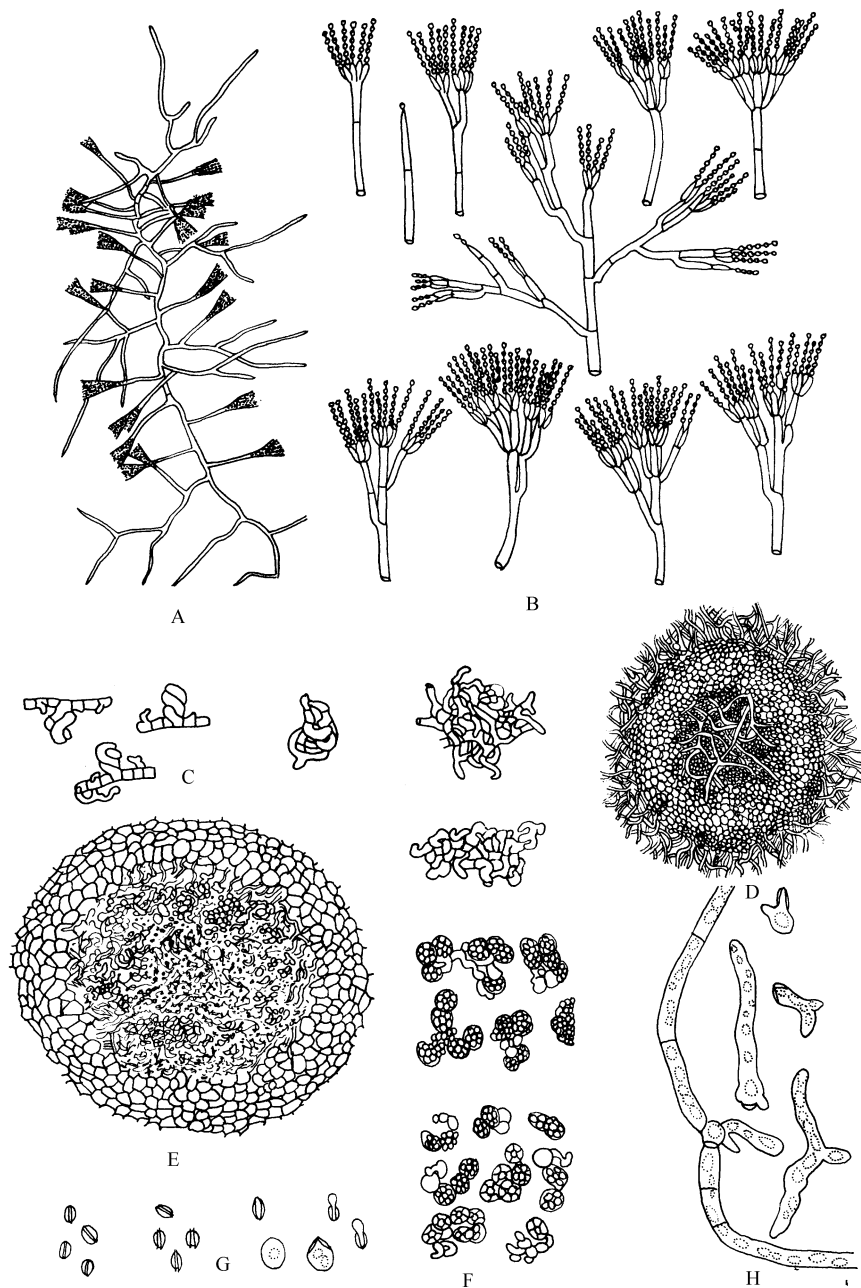


图1 部分重组 Brefeld 的“灰绿青霉 *P. glaucum*”插图 (仿自 Raper & Thom, 1949, p. 6)

- A. 分生孢子结构产生的特征性图, $\times 75$; B. 帚状枝的详图, $\times 400$; C. 闭囊壳形成的原基阶段, $\times 400$;
 D. 育龄闭囊壳, 可育产囊丝开始出现, $\times 175$; E. 成熟的闭囊壳, 在中心含有子囊和成熟的子囊孢子, $\times 175$;
 F. 链生的正在发育的子囊, $\times 400$; G. 已成熟和正在萌发的子囊孢子; H. 萌发的子囊孢子, $\times 500$

Biourge (1923) 从 1897 年开始研究青霉的分类学, 他遵循 Dierckx 提出的培养方法展开了大量的研究工作, 研究的内容涉及 Thom 研究的大部分内容。在他的专著中,

用拉丁文简单地描述了包括 30 多个新种在内的 125 个种，每个种有分生孢子梗、帚状枝和分生孢子的线条图及菌落图版。他是青霉建属以来到当时为止研究最认真、内容最广泛的研究者。但他的属的概念太大，不同程度地包含了帚霉属、粘帚霉属 (*Gliocladium*) 和拟青霉属。Zaleski (1927) 把来自波兰森林土壤中的青霉在用明胶作凝固剂的中性培养基上培养，描述了 35 个新种和一个新变种，但描述过分详细，经后人仔细比较研究之后，基本上作为异名处理。

在此阶段，虽然许多分类学工作者对青霉的分类学进行了很多不同程度的研究，因受当时的一些条件限制，常常把青霉和非青霉弄混淆，张冠李戴的现象时有发生，导致属和种的概念不清、描述不规范等。但从观察自然状态的青霉到观察在培养基上培养的培养物，属和种的概念开始渐渐清晰，显微结构的概念开始趋向一致。这些进展为后人的研究打下了良好的基础。

(2) 系统阶段 (1930—1949)。Thom 于 1904 年开始研究与干酪有关的青霉，于 1906 年发表了相关论文，在文中描述了娄地青霉 (*P. roqueforti*) 和卡门柏青霉 (*P. camemberti*)；于 1910 年他发表了青霉的培养研究，写出青霉属的第一个检索表，并描述了 13 个新种，认识到控制温度对霉菌真菌生长的重要性，并提供了第一份温度与青霉的有关资料；在 1915 年首次发表了“群”的概念。他经过 26 年的潜心研究，积累了大量的实验材料，收集了大量的文献资料，他的专著 *The Penicillia* 于 1930 年问世。在此专著中他描述了 300 个种，附有异名，提供了检索表；将该属的种分成 4 个部分、12 个组和 18 个亚组，为青霉属建立了第一个较为有序而全面的分类系统；他强调了在标准培养基上培养、观察菌落和分生孢子结构发育的重要性；把拟青霉属、粘帚霉属和帚霉属的某些种从青霉属中明确排除，引用了一些有关青霉的生化资料等。他的种的概念所包含的范围较小，把具有性型的青霉也归于青霉属的名下，分类系统不太合理，“群”的概念不是分类学上的一个等级，虽然存在这些不足之处，但他对青霉属分类学的贡献是不言而喻的。

Smith (1933, 1939)、van Beyma (1933, 1935) 对种的描述充分、详细，丰富了青霉属分类学的知识，增加了其种的数量。施有光 (1936) 描述了我国武昌的 39 种青霉，其中 3 个新种和 1 个变种都未被后人承认。von Szilvinyi (1941) 描述了一系列的土壤真菌，并有 12 个青霉新种和许多变种，但把分生孢子梗的某些特征忽略了，描述和图也有许多不足之处，保留的活培养物很少，他研究的这些结果直到现在尚无人采用。

Raper 和 Fennell 于 1940 年在美国农业部北方地区研究室开始研究青霉，在此之前，Raper 已和 Thom 一起工作 10 年之久。因当时正值第二次世界大战，急需进一步研究青霉素并投入商业化生产，当时的这种形势对他们从事青霉属的分类学研究起到很大的促进作用。Thom 于 1942 年退休之后，Raper 和他的合作者承担了青霉分类学研究的重任。他们接受了 Thom 的全部霉菌的培养物、记录、描述材料，又获得了荷兰巴恩菌种保藏机构的全部青霉和其他来源的青霉，在此期间，他们自己也从自然界的一些基物上分离到许多新鲜的青霉培养物，查阅了几乎全部相关文献资料，专心致志地、系统地研究了青霉属的分类学。他们的专著《青霉手册》(*A Manual of the Penicillia*) 于 1949 年问世。在该专著中，他们进一步强调和运用了在标准条件下进行培养、观察

菌落的特征及分生孢子结构发育的重要性；共描述了 137 个种和 4 个变种，引用和排除 700 多个异名或非青霉的名称，引用了一些代谢产物，描述详细而比较规范，大多数数的概念明确或给予了适当讨论；同时编写成 4 个组、5 个亚组、40 个系和 1 个亚系的分类系统；对分生孢梗的形态学，如单轮生型（*monoverticillata*）、非对称生型（*asym-metrica*）、双轮对称生型（*biverticillata-symmetrca*）和多轮生型（*polyverticillata*）等均立异分类，这是自该属建属以来第一个有较强的规律且较全面的分类系统。总之，《青霉手册》的出版标志着青霉属分类史上的重大进展。

另外，Raper 深谋远虑地应用了冷冻干燥技术，此技术能稳妥而有效地保藏青霉和一些其他霉菌的培养物、模式株及其他一些重要的分离物，他开拓的这大大进展往往被人们所忽略。

但是，他们过分强调《青霉手册》的适用性，把一些产子囊孢子的青霉也归于青霉属的名下，这显然违反了相关的命名法规。

在此阶段，Raper 等的专著是当时青霉分类史上最全面、最合理、最系统的总结，也很适用。正因为如此，在此后的 30 年中，《青霉手册》成为全世界相关工作者不可缺少的唯一重要的参考书。

(3) 升华阶段（1950—1982）。Abe（1956a, 1956b）用自己分离的 2000 株青霉和来自 Raper 和 Fennell 的菌株进行了分类研究。他的研究除了以形态特征为依据外，还运用了一些生理生化特征，如菌株分别在 5℃、15℃、25℃、30℃ 和 37℃ 的条件下生长的速度；抗真菌和抗细菌的活性；液体培养基中 pH 的改变而引起颜色的变化；在酸性、中性和碱性液体培养基中一些色素的提取；菌丝体的干重和对氯化铁的颜色反应及荧光物质等。最后描述了 116 个种和变种，其中包含了 14 个新种和 13 个新变种，后来的一些分类学家只认可这些新分类单位中之一为新种，其他种中也有一些只能作为异名对待。陈庆涛（1974）报道了珠穆朗玛峰地区的 7 种青霉。Samaon 等（1976）把主要分离于食品的数百株青霉与可靠模式株一起进行比较研究，修订了 Raper 和 Thom 的束状亚组（Subsection *Fasciculata*）、羊毛状亚组（Subsection *Lanata*）和绳状亚组（Subsection *Funiculosa*），把这些组中的 19 个种降为变种，到目前为止，除其中 1 个变种升为种之外，其他变种未被相关工作者接受。戴芳澜（1979）在他的《中国真菌总汇》中收录了我国 61 个种和 5 个变种的青霉，其中 25 个种和全部变种已成为异名或转入他属。

Pitt 于 1968 年从谷物和面粉中分离到数百株青霉，在 Hsseltine 博士的指导下开始鉴定青霉，从此他对青霉属的分类学产生了浓厚的兴趣。他从英国的 IMI，美国的 ATCC、NRR，荷兰的 CBS 和日本的 IFO 等一些菌种保藏机构收集到它们保藏的全部青霉。另外，德国、加拿大、澳大利亚和新西兰的有关工作者为他提供了一些新鲜分离物；在收集大量文献的基础上，展开了青霉属及相关属的系统分类研究，并于 1979 年出版了他的专著。在专著中他以 CYA、G25N（Pitt, 1973）和 MEA（Pitt, 1979a）为通用（或标准）培养基，中温（25℃）为主并结合低温（5℃）和高温（37℃）为培养温度，以 7 天为培养时间，将培养的结果作为记录宏观特征的依据；他以帚状枝的特征为主结合其他特征，把青霉属分为 4 个亚属、21 个系；他接受了把具有性型的青霉隶属于子囊菌系统的观点；描述了 97 个种，种的描述规范而简练，绝大多数种的概念可

靠。上述种种比较合理，被大多数同行认可。

Ramirez 和 Martinez (1982) 的专著中虽然不包括具有性型的青霉，但培养技术、描述方式和分类系统基本上未脱离 Raper 和 Thom (1949) 的束缚。他与 Pitt 的最大不同之处是种的概念狭窄，包括补遗的 3 个种在内共描述 225 个种和变种。总之，该专著的参考价值不大。

此阶段，通过一些相关工作者的精心研究，更加完善了培养条件的标准（通用）化，进一步澄清了一些问题，提供了更为合理的分类系统，属的概念更为明确，绝大多数种的概念已明朗化。这些进展升华了青霉属的分类研究水平。

(4) 现状和展望 (1983 年至今)。Abe 等于 1982 年开始从日本不同地区的土壤和其他基物中分离到 1000 株青霉，还从世界上相关保藏机构获得与模式同源的活培养物 500 株，重新观察和研究了两个亚属的种，其结果如下：

类曲霉亚属 (Subgenus *Aspergilloides*) 的两个组：①在类曲霉组 (Section *Aspergilloides*) (Abe *et al.*, 1982) 内，他们认可的 12 个种中，有类阿达青霉 (*P. adametzioides*) 等 2 个种未被 Pitt 和 Samson (1993) 承认，并把比莱青霉 (*P. bilaiiae*) 等 4 个种作为其他种的异名处理，而 Pitt 和 Samson (1993) 认可了其中的比莱青霉和托尼青霉 (*P. terlikowskii*)。②在细梗组 (Section *Exlicaulis*) (Abe *et al.*, 1983d) 中认可 12 个种中的 11 个种，把木犀青霉 (*P. resedanum*) 从该组排除；讨论 7 个种的同义性；修订了黄暗青霉 (*P. citreonigrum*) 等两个种的概念。

叉状亚属 (Subgenus *Furcatum*) 的两个组：①在散枝组 (Section *Diaricatum*) 的癭青霉系 (Ser. *Fellutala*) (Abe *et al.*, 1983b) 中，他们接受 9 个种，调整了两个种的异名的隶属关系，把马德利青霉 (*P. madriti*) 作为橘青霉 (*P. citrnum*) 的异名，而 Pitt 和 Samson (1993) 认可了前者；Abe 等 (1983c) 接受了该组的微紫青霉系 (Ser. *Janthinella*) 和变灰青霉系 (Ser. *Canescentia*) 中的 8 个种，其中的 1 个种 Pitt 和 Samson (1993) 未予认可；把 5 个种 (Pitt 和 Samson, 1993 年只认可了其中的 1 个种) 从该组中排除，同时把马尔尼菲青霉 (*P. marnnefei*) 等 3 个种从双轮亚属 (Subgenus *Biverticillium*) 转至本组，讨论了 6 个种和 1 个变种的同义性。②Abe 等 (1983a) 讨论了叉状组 (Section *Furcatum*) 中橘青霉系 (Ser. *Citrina*) 的 7 个种和巨孢青霉系 (Ser. *Megaspora*) 的 2 个种，但价值不大。

Abe 等的上述 5 篇报道，除了把双轮亚属的 3 个种移至叉状亚属的调整有一些道理外，其他的见解和处理的值也不大。

Frisvad 和 Filtenborg (1983) 根据真菌毒素和其他代谢产物，把 2473 株三轮生青霉分成 20 个种；有的种内再分成亚分类群 (subgroup)，多者可达 4 个。此概念到目前为止不是分类学上的一个等级。

Samson 和 Pitt (1985a) 审核了青霉及相关种名的种加词。

1985 年和 1989 年分别在荷兰的阿姆斯特丹和巴恩召开了两次国际青霉和曲霉的学术研讨会，会后都出版了论文专集 (Samson & Pitt, 1985a, 1990)。专集的内容很丰富，主要反映了青霉和曲霉自身的分类研究及一些方法和手段方面的研究进展，有的论文后面还附有讨论过程中不同的见解或提出的疑问，对有关工作具有一定的参考价值。

Williams 和 Pitt (1985) 修订了青霉亚属 (Subgenus *Penicillium*) 的检索表，

Williams 等 (1985) 阐述了青霉亚属中关系紧密的一些三轮生种之间可能存在的关系; Stolk 和 Samson (1985) 排除了亚属的概念, 提出了青霉属新的分类系统和检索表; Samson 和 Pitt (1985c) 核查了 47 种普通青霉的种加词; Ramirez (1985a) 强调了青霉的帚状枝是界定该属与其他丝孢真菌属的根据; Ramirez (1985b) 重新研究了一段时期内发表的 24 个青霉新种, 他认可了其中 13 个种, 而 Pitt 和 Samson (1993) 只承认了这 13 个种中的 6 个种; Malloch (1985a, 1985b) 认为发菌科 (Trichocomaceae) 是一个大科而将其分成两个亚科; Hawksworth (1985) 根据国际植物命名法规, 对青霉属属名的引证和模式提出了自己的见解; Seifert 和 Samson (1985) 以模式材料为依据提出了三个新组合; 齐祖同等 (1983) 报道了我国西藏青霉的 30 个种和 1 个变种, 其中 6 个种和 1 个变种现已成为其他种的异名; 齐祖同等 (1985) 报道了我国天山托木尔峰地区的 20 种青霉, 其中 4 个种已成为其他种的异名; 孔华忠 (1989) 描述了我国神农架地区的青霉 59 个种, 其中 4 个种已作为其他种的异名处理; Bridge 等 (1990) 利用 100 种生理、生化和形态特征, 采用数码分类法, 把 348 株三轮生青霉分成 37 个种和变种, 其中有的种和全部变种未被 Pitt 和 Samson (1993) 接受; Stolk 等 (1990) 以形态学为基础, 结合生长特征和次生代谢产物的分布型, 把三轮生青霉分为 26 个种和 2 个变种, 分别隶属于 12 个系, 此结果与 Pitt 和 Cruickshank (1990) 的分类结果有些相左; van Reenen-Hoekstra 等 (1990), 以形态学和次生代谢产物为依据, 研究了 96 株绳状青霉 (*P. funiculosum*) 和相近种, 进一步印证了五个种的概念, 恢复了变异青霉 (*P. varians*); Pitt 和 Cruickshank (1990) 以传统的方法为基础、结合一些次生代谢产物的分布型和同工酶的带型, 把青霉亚属的种分成 25 个种, 明确了它们相关的异名, 提供了检索表, 这些种被 Pitt 和 Samson (1993) 全部认可; Frisvad 等 (1990f) 运用形态学和化学的方法, 明确了几个有疑问种的模式; Frisvad 和 Filtenborg (1990b) 以形态、生理和化学特征为依据, 并强调次生代谢产物的分布型, 对叉状亚属 (Subgenus *Furcatum*) 的全部种重新进行研究, 把 Pitt (1979a)、Abe 等 (1983a, 1983b) 及 Stolk 和 Samson (1983) 放在叉状亚属的 10 个种转至双轮亚属, 认可了 50 个种, 其中 4 个种 Pitt 和 Samson (1993) 未予承认; Frisvad 等 (1990c) 把自从 1977 年以来描述的青霉属、正青霉属和篮状菌属的 122 个新种、新变种和新组合重新进行了观察和研究, 分别认可了正青霉属的 6 个种、篮状菌属的 4 个种、青霉属的 35 个种和 11 个变种, 其中青霉属的 2 个种和全部变种未被 Pitt 和 Samson (1993) 接受; Pitt 和 Samson (1993) 和青、曲霉国际委员会的其他成员一起, 在讨论的基础上拟写了“当前用于发菌科的种名” [*Species Names in Current Use in the Trichocomaceae* (Fungi, Eurotiales)] 一文的手稿, 并将其制成软盘寄给其他一些国家的相关真菌学家审阅定稿之后才发表, 在此文中认可了 223 种青霉。从此, 过去一些有争议的种群和变种的概念相对统一了; Tzean 等 (1994) 出版了《台湾的青霉和相关有性型》(*Penicillium and related Teleomorphs from Taiwan*), 该书描述了 47 种青霉、2 种正青霉和 7 种篮状菌; Lund 和 Frisvad (1994) 利用 519 株分离物, 以 8 种真菌毒素、14 种其他代谢产物和形态、生理等这些特征之间的差异, 认可了包括三个新种在内的 9 个种, 其中 4 个老种未被 Pitt 和 Samson (1993) 认可; 还有一些作者利用 DNA 或 RNA 的序列分析等分子生物技术研究了少数种的分类学 (LoBuglio *et al.*, 1993; Meyer *et al.*, 1991)。